

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Laston Lapis Aus (AC-WC)

Laston adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Laston adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. (Silvia Sukirman, 2012)

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal campuran panas yang ditinjau adalah AC-BC dan AC-WC. Laston sebagai lapisan pengikat (Binder Course) adalah lapisan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan dengan tebal nominal minimum 5 cm.

Sedangkan laston sebagai lapis aus (Wearing Course) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya kelapisan dibawahnya berupa muatan kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (Horizontal) dan pukulan Roda kendaraan (getaran). Karena sifat penyebaran beban, maka beban yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin besar. Lapisan yang paling atas disebut lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja. Oleh karena itu lapisan permukaan mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.

3. Lapis aus, lapisan yang langsung menerima gesekan akibat gaya rem dari kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapisan yang meyebarkan beban kelapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang ada di bawahnya.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. (Silvia Sukirman, 2012)

2.2 Material Penyusun Perkerasan Jalan

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral ppadat beruppa ukuran besar mauppun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Yang menentukan kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan adalah: gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya kelekatan terhadap aspal. Agregat dengan kadar pori besar akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak karena banyak aspal yang terserap akan mengakibatkan aspal menjadi lebih tipis. Penentuan banyak pori ditentukan berdasarkan air yang dapat terarbsorbsi oleh agregat. Nilai penyerapan adalah perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan agregat pada kondisi kering, yang didapat dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan agregat kasar} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 10\% \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\text{Penyerapan agregat halus} = \frac{B_s}{B + B_s - B_t} \times 10\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

B : Berat piknometer berisi air, (gram)

Bt : Berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram)

Bs : Berat sample, (gram)

Bj : Berat sample kering permukaan jenuh

Bk: Berat sample kering oven

Berdasarkan kondisi kelembaban agregat, pemeriksaan fisik terhadap agregat yaitu pemeriksaan berat jenis yang dibagi kedalam 3 kondisi kelembababn agregat yaitu BJ curah/ Bulk, Bj SSD, dan Bj Semu. Pemeriksaan berat jenis agregat berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti, yang nantinya hasil dari pengukuran berat jenis tersebut digunakan sebagai perencanaan campuran agregat dengan aspal. Adapun macam-macam dari berat jenis agregat sebagai berikut :

1. Berat jenis curah (*Bulk specific gravity*)

Adalah berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume yang ada (Volume pori yang dapat diresapi aspal atau dapat dikatakan seluruh volume pori yang dapat dilewati air dan volume partikel)

$$\text{Berat jenis Bulk agregat kasar} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \times 10\% \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Berat jenis Bulk agregat halus} = \frac{Bk}{B + Bs - Bt} \times 10\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

B : Berat piknometer berisi air, (gram)

Bt : Berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram)

Bs : Berat sample, (gram)

Bj : Berat sample kering permukaan jenuh

Bk: Berat sample kering oven

Ba : Berat uji kering-permukaan jenuh didalam air, (gram)

2. Berat jenis kering permukaan jenis (SSD specific gravity)

Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya dapat diresapi aspal ditambah dengan volume partikel.

$$\text{Berat jenis SSD agregat kasar} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \times 10\% \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Berat jenis SSD agregat halus} = \frac{B_s}{B + B_s - B_t} \times 10\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

B : Berat piknometer berisi air, (gram)

B_t : Berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram)

B_s : Berat sample, (gram)

B_j : Berat sample kering permukaan jenuh

B_k : Berat sample kering oven

B_a : Berat uji kering-permukaan jenuh didalam air, (gram)

3. Berat jenis semu (apparent specific gravity)

Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air. Atau merupakan bagian relative density dari bahan padat yang terbentuk dari campuran partikel kecuali pori atau pori udara yang dapat menyerap air.

$$\text{Penyerapan agregat kasar} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 10\% \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Penyerapan agregat halus} = \frac{B_s}{B + B_s - B_t} \times 10\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

B : Berat piknometer berisi air, (gram)

B_t : Berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram)

B_s : Berat sample, (gram)

B_j : Berat sample kering permukaan jenuh

B_k : Berat sample kering oven

B_a : Berat uji kering-permukaan jenuh didalam air, (gram)

Pemeriksaan lain terhadap agregat adalah kekuatan. Kekuatan dibutuhkan untuk mencegah pertikel rusak saat proses pemadatan campuran aspal panas, dan juga saat menerima beban kendaraan. Solusi yang dapat digunakan saat kekuatan agregat bernilai kecil adalah menggunakan agregat bergradasi rapat. Agregat juga harus tahan terhadap keausan/abrasi akibat beban lalu lintas. Ketahanan terhadap keausan butiran agregat. Tes terhadap keausan dilakukan dengan tes abrasi Los Angeles (SNI 03-2417-1991). Batas keausan maksimum berdasarkan tes abrasi dengan mesin Los Angeles adalah 40%.

2.2.1 Persyaratan Agregat

Berdasarkan jenis dan ukuran butirannya agregat dibedakan menjadi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

a. Agregat kasar

Fraksi Agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan pada tabel 2.1. fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (skid resistance) yang tinggi sehingga menjamin keamanan lalu lintas. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut angular (angular) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran wearing course, untuk itu nilai los angles abrasion test harus dipenuhi.

Tabel 2.1 Persyaratan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat Jenis Bulk	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5
Berat Jenis SSD		
Berat Jenis Semu		
Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%
Material lolos Saringan No. 200	SNI 03-1968-1990	Maks 1%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

b. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan no.8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Persyaratan umum agregat halus sesuai ketentuan Spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 diperlihatkan dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat Jenis Bulk	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5
Berat Jenis SSD		
Berat Jenis Semu		
Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%
Kadar Lempung	SNI 03-4142-2008	Maks. 1%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

2.2.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Fungsi dari bahan pengisi adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga, memperkaku lapisan aspal. *Filler* yang dapat digunakan berupa abu batu debu atau semen Portland.

2.2.3 Spesifikasi gradasi agregat lapis AC-WC

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang kaku dan keras. Agregat dengan kualitas dan mutu yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. (Silvia Sukirman, 2012).

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi :

1. Kekuatan dan keawetan yang dipengaruhi oleh:
 - Gradasi
 - Ukuran maksimum
 - Kadar lempung
 - Kekerasan dan ketahanan
 - Bentuk butir
 - Tekstur permukaan
2. Kemampuan yang dilapisi dengan aspal yang baik dipengaruhi oleh:
 - Porositas
 - Kemungkinan basah
 - Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman yang dipengaruhi oleh:
 - Tahan geser
 - Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan

(Silvia Sukirman, 2012)

2.2.4 Gradasi Agregat

Gradasi merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat biasanya mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat

diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup. Gradasi agregat dibedakan atas :

a. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

b. Gradasi rapat (*Dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus dalam porsi yang seimbang, sehingga sering disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Agregat dikatakan bergradasi baik jika persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi:

$$P = 100 (d/D)^{0,45}$$

Dimana:

P = Persen lolos saringan dengan bukaan d mm

d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = Ukuran maksimum partikel dalam gradasi terbuka

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas yang tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.

c. Gradasi senjang (*Gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara agregat bergradasi seragam dan agregat bergradasi rapat. Gradasi agregat yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2010 diperlihatkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Gradasi agregat untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran laston (AC)					
	Gradasi halus			Gradasi kasar		
	WC	BC	BASE	WC	BC	BASE
37,5	-		100	-	-	100
25	-		90-100	-	100	90-100
19	100	100	73-90	100	90-100	73-90
12,5	90-100	90-100	61-79	90-100	71-90	55-76
9,5	72-90	74-90	47-67	72-90	58-80	45-66
4,75	54-69	64-82	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
0,600	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
0,300	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
0,150	9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Jalan)

Pada campuran asphalt concrete yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat

2.3 Aspal

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi Aspal Keras pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25° C, 100 gr, 5	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	≥ 48
3.	Indeks penetrasi	-	$\geq - 1,0$
4.	Daktilitas pada 25° C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
5.	Titik nyala	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,0$
7.	Berat yang hilang	SNI 06-2440-1991	$\geq 0,8$

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.)

2.4 Bahan Tambah

Dalam campuran beraspal untuk memperbaiki perilaku suatu campuran beraspal serta meningkatkan kualitas aspal sehingga dapat menghasilkan perkerasan yang baik adalah dengan menggunakan bahan modifikasi. Bahan modifikasi yang dimaksud adalah bahan tambah baik berupa polimer, selulosa, lain-lain (*filler*), maupun mikrokarbon atau zat aditif. Adapun bahan tambahan yang akan digunakan berupa Anti Stripping Agent. Bahan tambahan ini dapat merubah sifat aspal dan agregat, meningkatkan daya lekat dan ikatan serta mengurangi efek negatif dari air dan kelembaban sehingga menghasilkan permukaan yang memiliki daya lekat yang tinggi.

2.4.1 Pengertian Bahan Anti Pengelupasan

Addive untuk aspal merupakan bahan addive kelekatan dan anti pengelupasan dapat ditamabahkan ke dalam aspal, persentase additve yang diperlukan serta waktu pencampurannya harus sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatannya (Revisi SNI 03-1737-1989). Berdasarkan divisi 6, spesifikasi umum perkerasan aspal 2010, bahwa aditif kelekatan dan anti pengelupasan (*anti stripping agent*) ditambahkan sebanyak 0,2% - 0,3% terhadap berat aspal.

Bahan anti pengelupasan memiliki 2 (dua) fungsi utama yaitu bersifat aktif dan pasif. Adhesi aktif adalah perpindahan air di agregat selama tahap

pencampuran awal konstruksi hotmix. Ketika agregat ditambahkan ke drum pengering, kelembaban dapat mencegah residu aspal dari lapisan agregat. Fungsi aktif anti pengelupasan ini sebagai pengubah tegangan permukaan dan memindahkan air dari permukaan agregat. Bahan anti pengelupasan juga berkerja sebagai adhesi pasif yaitu pengatur penyimpanan air yang merembes antara agregat dan aspal setelah jalan telah dibangun. Dalam fungsinya, bahan anti pengelupasan bertindak sebagai penghubung antara agregat dan aspal. Tanpa anti pengelupasan, air bisa merembes ke dalam agregat dan melepas ikatan aspal.

Bahan anti pengelupasan cair adalah senyawa kimia yang mengandung amino. Kebanyakan bahan anti pengelupasan mengurangi tegangan permukaan antara aspal dan agregat dalam campuran. Ketika tegangan permukaan berkurang, adhesi meningkat dari aspal untuk agregat dipromosikan. Metode ekonomis pencampuran bahan anti pengelupasan cair dengan aspal adalah dengan memanaskan aspal dalam keadaan cair. Namun, metode yang lebih sukses dari penambahan bahan anti pengelupasan cair adalah dengan menerapkan secara langsung untuk agregat sebelum penambahan pengikat.

2.3.2 Jenis-jenis *Anti Stripping*

Keuntungan dari penambahan Anti Striping Agent atau bahan anti pengelupasan adalah meningkatkan pelapisan aspal dengan agregat walau dalam keadaan basah, meningkatkan ikatan atau bonding dan anti penuaan, memperpanjang umur jalan 3-4 tahun. Namun kekurangannya ialah harga dari Anti Striping Agent yang masih relatif mahal. Pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010, bahan anti pengelupasan (Anti Stripping Agent) harus ditambahkan dalam bentuk cairan kedalam campuran agregat dengan menggunakan pompa penakar (dozing pump) pada saat proses pencampuran basah di pugmil. Kuantitas pemakaian bahan anti pengelupasan dalam rentang 0,1% - 0,3 % terhadap berat aspal. Anti stripping harus digunakan untuk semua jenis aspal tetapi tidak boleh tidak digunakan pada aspal modifikasi yang bermuatan positif. Adapun jenis-jenis anti stripping agent adalah:

1. Derbo-401

Derbo adalah jenis anti stripping yang berasal dari India. Di negara ini, anti pengelupasan ini telah lama diimpor. Mereka bersedia untuk pribumi sekarang ini dan anti pengelupasan ini mungkin digunakan untuk memperoleh keuntungan khususnya karena situasi yang sangat sulit untuk performa yang lebih baik dari konstruksi jalan raya. Anti Stripping ini telah diuji oleh IIP-Dehradun, SIIR-Delhi, dan CRRI-New Delhi yang menghasilkan produk-produk terbaik. Untuk campuran Hotmix, penggunaan anti stripping agent jenis Derbo-401 ini berkisar 0.1%-0.4% dari berat bitumen. Sementara untuk perbaikan jalan, penggunaannya berkisar 0.2%-0.5% dari berat bitumen (Kurnia dkk.2014)

Penggunaan Derbo ini diyakini dapat memberi keuntungan antara lain sebagai berikut :

1. Meningkatkan stabilitas Marshall sisa pada daerah dengan curah hujan tinggi
2. Menghemat lebih dari 50 % biaya maintenance
3. Membantu konstruksi jalan pada kondisi iklim lembab.
4. Harga yang cenderung lebih efektif jika dibandingkan dengan anti pengelupasan lainnya.
5. Mengurangi kebutuhan dari agregat halus dalam campuran.

2. Morlife 2200

Morlife 2200 adalah sebuah jenis anti pengelupasan dengan performa tinggi berdasarkan ilmu –ilmu kimia yang baru dan inovatif. Morlife 2200 meningkatkan ikatan – ikatan antara aspal dan agregat, mengatasi masalah- masalah yang terjadi dengan adhesi campuran yang lemah. Campuran aspal yang menggunakan Morlife 2200 ini akan memperlihatkan peningkatan daya tahan dan uap sehubungan dengan kerusakan dan pengelupasan. Uap dalam kadar rendah dari morlife 2200 ini merupakan sebuah perbaikan kemajuan yang dramatikal dibandingkan dengan aditif lainnya, dan tidak ditemukannya uap yang tercipta dalam proses pencampuran. Morlife 2200 disimpan pada suhu lingkungan yaitu 20 – 250C (68-770F).

3. Wetfix-BE

Wetfix merupakan salah satu dari jenis anti stripping yang memiliki kesensitifan yang cukup tinggi, selain harganya yang relatif mahal dan penambahan jumlahnya terhadap campuran aspal sangat sedikit, akan tetapi menghasilkan stabilitas yang cukup baik.

Wetfix BE ini memiliki beberapa kegunaan, antara lain :

1. Memperpanjang waktu pelapisan ulang Hotmix.
2. Biaya perawatan yang lebih rendah.
3. Memungkinkan seleksi jenis agregat yang lebih luas.
4. Meminimalkan kerusakan oleh air.

Adapun anti stripping agent yang digunakan dalam penelitian adalah jenis DERBO-101. Anti Stripping jenis ini berfungsi untuk membantu mengurangi kerusakan perkerasan yang diakibatkan oleh hujan dan kelembaban. Anti Stripping ini telah diuji oleh IIP- Dehradun, SIIR-Delhi, dan CRRI-New Delhi yang menghasilkan produk – produk terbaik. Untuk campuran Hotmix, penggunaan Anti Stripping Agent jenis DERBO 101 ini berkisar 0.1% - 0.4% dari berat bitumen. Sementara untuk perbaikan jalan, penggunaannya berkisar 0.2 % - 0.5% dari berat bitumen.

Penambahan bahan anti pengelupasan juga sangat berpengaruh terhadap nilai karakteristik Marshall seperti :

- a. Kepadatan/Density.
- b. Rongga antar agregat/Voids Mineral Agregat (VMA).
- c. Rongga udara/Void In Mix (VIM).
- d. Rongga terisi aspal/Void Filled with Bitumen (VFB).
- e. Stabilitas/Stability.
- f. Kelelehan plastis/Flow.
- g. Hasil bagi marshall/Marshall Quotient (MQ).

Penggunaan DERBO-101 ini diyakini dapat memberi keuntungan antara lain :

1. Meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat, mengatasi masalah-masalah yang terjadi dengan adhesi campuran yang lemah sehingga dapat memperpanjang waktu pelapisan ulang.
2. Menghemat lebih dari 50 % biaya maintenance.
3. Meminimalkan kerusakan oleh air.
4. Harga yang cenderung lebih murah jika dibandingkan dengan aditif anti pengelupasan lainnya.
5. Mengurangi kebutuhan agregat halus dalam campuran dan memungkinkan seleksi jenis agregat yang lebih luas.

2.4 Beton Aspal

Beton aspal adalah tipe campuran pada lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural dengan kualitas yang tinggi, terdiri atas agregat yang berkualitas yang dicampur dengan aspal sebagai bahan pengikatnya. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalansi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan.

2.4.1 Jenis beton aspal

- a. Beton aspal campuran panas (*hot mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
- b. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
- c. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 25°C.

Berdasarkan fungsinya beton aspal dibedakan menjadi :

- a. Beton aspal untuk lapisan aus/*wearing course* (WC), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang diisyaratkan.

- b. Beton aspal untuk lapisan pondasi/*binder course* (BC), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu stabilisasi untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
- c. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan seringkali tidak lagi berbentuk *crown*. (Silvia Sukirman, 2003).

2.4.2 Karakteristik campuran aspal beton

Beton aspal dibentuk dari agregat, aspal dan atau tanpa bahan-bahan yang dicampur secara merata atau homogen di instalasi pencampuran pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan, dipadatkan sehingga terbentuk beton aspal padat. Perhitungan yang biasa digunakan pada campuran aspal beton adalah :

1. Berat Jenis *Bulk* Beton Aspal Padat (G_{mb})

Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat (G_{mb}) dapat diukur dengan menggunakan hukum Archimedes, yaitu :

$$G_{mb} = \frac{\text{berat benda uji kering}}{\text{berat benda uji kering permukaan} - \text{berat benda uji dalam air}}$$

2. Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan (G_{mm})

Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan (G_{mm}) adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa ada udara, yang diperoleh dari pemeriksaan di laboratorium.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}}$$

Dimana :

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

P_b = Jumlah aspal, % terhadap total berat campuran

P_s = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

G_b = Berat jenis aspal

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

3. Perhitungan Jumlah Aspal yang Terserap

$$P_{ba} = 100 \cdot \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \cdot G_{se}} \cdot G_b$$

Dimana :

P_{ba} = Aspal yang terserap, % berat terhadap agregat

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{se} = Berat jenis spesifik agregat

G_b = Berat jenis aspal

4. Perhitungan Efektif Jumlah Aspal dalam Campuran

$$P_{be} = P_b \cdot \frac{P_{ba}}{100} \cdot P_s$$

Dimana :

P_{be} = Jumlah aspal efektif, % terhadap total berat campuran

P_b = Jumlah aspal, % terhadap berat total campuram

P_{ba} = Aspal yang terserap, % berat terhadap berat agregat

P_s = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

5. Rongga diantara mineral agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat (VMA = *voids in the mineral aggregate*), adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

Dimana :

Gmb = Berat jenis bulk campuran

Gsb = Berat jenis afektif agregat

Ps = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

6. Rongga di dalam campuran (VIM)

Banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat (VIM) adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat.

$$VIM = 100. \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}$$

Dimana :

VIM = Rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

Gmm = Berat jenis maksimum campuran

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran

7. Rongga terisi aspal (VFA)

Banyaknya pori-pori antara butir agregat (VMA) didalam beton aspal padat, yang terisi aspal, dinyatakan sebagai VMA. Persentase pori antar butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA. Jadi, VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terarbsorbsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal. Dasar perhitungan dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat.

$$VFA = \frac{100.(VMA - VIM)}{VMA}$$

Dimana :

VFA = Pori antar butir agregat yang terisi aspal % dari VMA

VMA = Pori antara butir agregat didalam beton aspal padat, % dari volume beton bulk aspal padat

VIM = Pori dalam beton aspal padat, % dari volume beton bulk beton aspal padat

8. Berat Jenis Bulk Agregat Campuran (G_{sb})

Agregat yang digunakan untuk membentuk beton aspal padat, memiliki gradasi tertentu yang biasanya diperoleh dari pencampuran beberapa fraksi agregat yang tersedia di lokasi. Masing-masing agregat yang mempunyai berat jenis yang berbeda, sehingga untuk menghitung berat beton aspal padat dibutuhkan berat jenis agregat campuran.

$$G_{sb} = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}\right)}$$

Dimana :

P_1, P_2, \dots, P_n = Persentase berat tiap jenis agregat

G_1, G_2, \dots, G_n = Spesifikasi berat tiap jenis agregat

9. Berat Jenis Efektif Agregat Campuran (G_{se})

Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan, G_{mm} , dapat ditentukan di laboratorium.

$$G_{se} = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_{e1}} + \frac{P_2}{G_{e2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{en}}\right)}$$

Dimana :

P_1, P_2, \dots, P_n = Persentase berat tiap jenis agregat

$G_{e1}, G_{e2}, \dots, G_{en}$ = Spesifikasi berat tiap jenis agregat

Spesifikasi hasil campuran laston dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	Min.	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Mak.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3					
	Mak.	5					
Rongga dalam agregat (%)	Min.	15		14		13	
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800	
Pelelehan (mm)	Min.	3				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	200				300	
Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60° C	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2					

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010)

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran panas aspal beton adalah :

a. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, ataupun *bleeding*. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan rendah.

Hal ini menghasilkan film aspal tipis dan mengakibatkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran agregat (voids in mineral agregat = VMA) yang kecil. Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran (voids in mix = VIM) yang kecil.

b. Durabilitas atau ketahanan

Durabilitas atau ketahanan diperlukan pada lapis permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun akibat gesekan kendaraan.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

1. Film aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi tinggi.
2. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/getas.
3. VMA besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipengaruhi agregat bergradasi senjang.

c. Fleksibilitas atau kelenturan

Fleksibilitas atau kelenturan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan:

1. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar
2. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
3. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil

d. Kekesatan (*skid resistance*)

Kekesatan (*skid resistance*) adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan.

Kekesatan akan tinggi apabila:

1. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tak terjadi *bleeding*
2. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
3. Penggunaan agregat berbentuk kubus
4. Penggunaan agregat kasar yang cukup

e. Ketahanan leleh (*fatigue resistance*)

Ketahanan leleh (*fatigue resistance*) adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (ruting) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah:

1. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat

2. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel

f. Permeabilitas

Permeabilitas yaitu kemudahan campuran aspal dirembesi air dan udara.

g. Kemudahan pelaksanaan (Workabilitas)

Kemudahan pelaksanaan (Workabilitas) adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah:

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat yang bergradasi buruk.
2. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
3. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sulit.

2.5 Perencanaan Campuran

Jika agregat dicampur dengan aspal maka:

1. Partikel-partikel antar agregat akan terikat satu sama lain oleh aspal.
2. Rongga-rongga agregat ada yang terisi aspal dan ada pula yang terisi udara.
3. Terdapat rongga antar butir yang terisi udara.
4. Terdapat lapisan aspal yang ketebalannya tergantung dari kadar aspal yang digunakan untuk menyelimuti partikel-partikel agregat.

Lapisan aspal yang baik haruslah memenuhi 4 syarat yaitu stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, dan tahanan geser. Jika kadar aspal yang digunakan terlalu sedikit, akan mengakibatkan lapisan pengikat antar butir kurang, terlebih lagi jika kadar rongga yang dapat diresapi aspal besar. Hal ini akan

mengakibatkan lapisan pengikat aspal cepat lepas dan durabilitas berkurang. Sedangkan kadar aspal yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan kelenturan yang baik tetapi dapat terjadi *bleeding* sehingga stabilitas dan tahanan geser berkurang. Dengan demikian faktor yang mempengaruhi kualitas dari beton aspal adalah:

1. Absorpsi aspal
2. Kadar aspal efektif
3. Rongga antar butir (VMA)
4. Rongga udara dalam campuran (VIM)
5. Gradasi agregat

(Silvia Sukirman, 2012)